

Patentansprüche

1. Extrem breitbandiger Funkempfänger für Aufklärungs-zwecke mit einem RF-Vorverstärker, einem ZF-Umsetzer mit vorgeschalteter Filteranordnung zur Vorselektion eines in die ZF-Lage umzusetzenden Anteils des empfangenen Signals in einem gewünschten Teilbereich des Empfangsfrequenzbandes, einem gegebenenfalls über eine Anpassungsschaltung nachgeschalteten Signalauswerter sowie einer Steuereinrichtung für die Einstellung des Selektionsbereiches der Filteranordnung und der Frequenz des Umsetzoszillators des ZF-Umsetzers, dadurch gekennzeichnet, daß eine erste und eine zweite Empfängereingangsschaltung (EE1, EE2) mit jeweils einem Begrenzer und einem einstellbaren Dämpfungsglied für den Anschluß an eine erste für das untere und eine zweite für das obere Teilband (UT, OT) des Empfangsfrequenzbandes (EFB) zuständige Antenne (A1, A2) vorgesehen sind, daß ferner der ersten Empfängereingangsschaltung (EE1) ein das empfangene Signal im unteren Teilband in das obere Teilband umsetzender Hilfsempfangszug (HIZ) nachgeschaltet ist, und daß eine Schalteinrichtung vorgesehen ist, über die der sich an die zweite Empfängereingangsschaltung (EE2) anschließende Hauptempfangszug (HAZ) mit seinem Eingang wahlweise an den Ausgang entweder der zweiten Empfängereingangsschaltung oder des Hilfsempfangszuges anschaltbar ist.
2. Funkempfänger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die dem ZF-Umsetzer (M2) im Hauptempfangszug (HAZ) vorgeschaltete Filteranordnung eine mehrere Teilfilter (TF1, TF2, ... TF_n) aufweisende Filterbank (FB) ist, deren Teilfilter wahlweise über einen ein- und einen ausgangsseitigen Umschalter (U3, U4) in den Signalweg einschaltbar sind.
3. Funkempfänger nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Umsetzoszillator des ZF-Umsetzers (M2) im Hauptempfangszug (HAZ) eine Oszillatorbank (OB) aus mehreren gleichartigen Umsetzoszillatoren (UO1, UO2, ... UO_n) mit unterschiedlicher Frequenz ist, deren Umsetzoszillatoren ausgangsseitig über einen Umschalter (U5) wahlweise mit dem Oszillatoreingang des ZF-Umsetzers (M2) verbindbar sind.
4. Funkempfänger nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß jeder der Umsetzoszillatoren (UO1, UO2, ... UO_n) auf seiner Ausgangsseite im Signalweg einen Trennschalter (s1, s2, ... s_n) aufweist.
5. Funkempfänger nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Umsetzoszillatoren (UO1, UO2, ... UO_n) jeweils zwischen wenigstens zwei Festfrequenzen umschaltbar ausgeführt sind.
6. Funkempfänger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der ZF-Umsetzer (M2) im Hauptempfangszug (HAZ) für eine ZF-Bandbreite ≥ 1 GHz bemessen ist.
7. Funkempfänger für eine Empfangsbandbreite von 0,5–18,5 GHz nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Verhältnis des unteren (TU) zum oberen Teilband (TO) von etwa 1/2 und einer ZF-Bandbreite von 1 GHz die Filterbank (FB) vier Teilfilter (TF1, TF2, ... TF4) und die Oszillatorbank (OB)

des ZF-Umsetzers (M2) acht Umsetzoszillatoren (UO1, UO2, ... UO8) für ein Frequenzraster (fui) aus acht Umsetzfrequenzen mit einem Rasterabstand von 1 GHz aufweist, wobei jedem der vier Teilfilter der Filterbank drei aus acht Umsetzfrequenzen zugeordnet sind und daß hierbei die Umsetzoszillatorfrequenz beim RF-Umsetzer im Hilfsempfangszug (HIZ) für eine Kehrlagenumsetzung des unteren Teilbandes oberhalb 15 GHz liegt.

8. Funkempfänger nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittenfrequenz des 1 GHz breiten ZF-Bandes ca. 2 GHz beträgt.

9. Funkempfänger nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß die Antennen (A1, A2) Richtantennen sind.

10. Funkempfänger nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Empfängereingangsschaltungen (EE1, EE2) ausgangsseitig jeweils einen Umschalter (U1, U2) für die wahlweise Anschaltung eines Prüfsignalgebers (PG) an den Eingang des Hilfs- bzw. des Hauptempfangszuges (HIZ, HAZ) aufweisen, von denen durch den Umschalter (U2) in der zweiten Empfängereingangsschaltung (EE2) die Schalteinrichtung für die wahlweise Anschaltung des Ausgangs des Hilfsempfangszuges (HIZ) an den Eingang des Hauptempfangszuges (HAZ) mit verwirklicht ist.

Beschreibung

Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf einen extrem breitbandigen Funkempfänger für Aufklärungs-zwecke mit einem RF-Vorverstärker, einem ZF-Umsetzer mit vorgeschalteter Filteranordnung zur Vorselektion eines in die ZF-Lage umzusetzenden Anteils des empfangenen Signals in einem gewünschten Teilbereich des Empfangsfrequenzbandes, einem gegebenenfalls über eine Anpassungsschaltung nachgeschalteten Signalauswerter sowie einer Steuereinrichtung für die Einstellung des Selektionsbereiches der Filteranordnung und der Frequenz des Umsetzoszillators des ZF-Umsetzers.

Zugrundeliegender Stand der Technik

Funkempfänger dieser Art sind beispielsweise in der Literaturstelle Richard G. Wiley: Electronic Intelligence: The Interception of Radar Signals, Artech House, Inc., 1985, Seiten 179 bis 198, insbesondere Seite 181, bekannt. Derartige vom sogenannten "Superhet-Prinzip" Gebrauch machende Funkempfänger ermöglichen es zwar, bei relativ geringem technischen Aufwand ein sehr breites Frequenzband kontinuierlich auf evtl. vorhandene Funksignale dadurch abzufragen, daß der Umsetzoszillator über diesen gesamten Empfangsfrequenzbereich durchgestimmt und dabei die der Vorselektion dienende, den ZF-Umsetzer vorgeschaltete Filteranordnung gleichzeitig mit durchgestimmt wird.

Nachteilig bei einem solchen Funkempfänger ist die Tatsache, daß entsprechend der gewünschten Auflösung jeweils nur ein entsprechend kleiner Ausschnitt des gesamten Empfangsfrequenzbereiches ausgangsseitig für eine Auswertung zur Verfügung steht.

Moderne Radar- und Funkanlagen machen in zunehmendem Maße von Signalen Gebrauch, die zur Verbes-

serung einer ECM-Resistenz immer größeres Frequenzband benutzen. Hierzu wird nur beispielsweise an das sogenannte Frequenzsprungverfahren, bei dem das ausgesendete Signal pseudozufällig auf ständig wechselnden Radiofrequenzen ausgesendet wird und auf Radarsignale hingewiesen, die aus der Überlagerung mehrerer Impulse unterschiedlicher Frequenz bestehen.

Grundsätzlich besteht natürlich die Möglichkeit, das gesamte Empfangsfrequenzband mit einem kanalisierten Empfänger in einer geeigneten Zwischenfrequenzebene einer Auswerteeinrichtung stets gleichzeitig verfügbar zu machen. Dies ist jedoch mit einem außerordentlich hohen schaltungstechnischen Aufwand verbunden, weil hierfür eine große Anzahl von Umsetzern, Filtern und Verstärkern benötigt wird.

Offenbarung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ausgehend von einem vom Superhet-Prinzip Gebrauch machenden Funkempfänger der einleitend beschriebenen Art eine weitere Lösung anzugeben, die einerseits sicherstellt, daß auch ECM-resistente Signale, die innerhalb eines relativ breiten Frequenzbereichs ausgestrahlt werden, mit Hilfe einer dem Funkempfänger ausgangsseitig nachgeschalteten Auswerteeinrichtung einwandfrei in Realzeit aufgeklärt werden können und andererseits der hierfür erforderliche schaltungstechnische Aufwand des Empfängers die Voraussetzung für ein günstiges Preis-Leistungsverhältnis schafft.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Der Erfindung liegt die wesentliche Erkenntnis zugrunde, daß der schaltungstechnische Aufwand für einen ZF-Umsetzer für eine fest vorgegebene Bandbreite des erwünschten Zwischenfrequenzsignals dann klein gehalten werden kann, wenn das Verhältnis des in eine Zwischenfrequenzlage umzusetzenden radiofrequenten Teilbandes zur Umsetzfrequenz ausreichend klein ist.

Durch die erfindungsgemäße radiofrequente Umsetzung des unteren Teilbandes des Empfangsfrequenzbandes in die Frequenzlage des oberen Teilbandes wird nicht nur diesem geschilderten Sachverhalt Rechnung getragen, sondern darüber hinaus auch erreicht, daß der Aufwand der Filteranordnung für die Vorselektion durch diese Art Doppelausnutzung des Hauptempfangszugs für das obere und das untere Teilband ebenfalls relativ klein gehalten werden kann.

Zweckmäßige Ausgestaltungen des Gegenstandes nach dem Patentanspruch 1 sind in den weiteren Patentansprüchen 2 bis 10 angegeben.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

In der Zeichnung bedeuten die der näheren Erläuterungen der Erfindung dienenden Figuren

Fig. 1 das Blockschaltbild eines extrem breitbandigen Funkempfängers.

Fig. 2 ein der näheren Erläuterung der Funktion der Funkempfänger nach Fig. 1 dienendes Frequenzschemabeispiel.

Beste Weg zur Ausführung der Erfindung

Das Blockschaltbild des Funkempfängers nach Fig. 1 weist zwei Empfängereingangsschaltungen *EE1* und *EE2* auf, die jeweils mit einer Antenne *A1* und *A2* verbunden sind. Das gesamte Empfangsfrequenzband

wird aufgeteilt. Diese beiden Antennen, und zwar empfängt dabei die Antenne *A1* das untere und die Antenne *A2* das obere Teilband des Empfangsfrequenzbandes. Diese Aufteilung ermöglicht es, die als Richtantennen gestalteten Antennen leichter zu realisieren. Zweckmäßig erfolgt die Aufteilung des gesamten Empfangsfrequenzbandes in einem Verhältnis des unteren Teilbandes zum oberen Teilbandes im Verhältnis eins zu zwei.

Jede der beiden Empfängereingangsschaltungen *EE1* und *EE2* weist antenneneingangsseitig einen Begrenzer auf, an den sich ein einstellbares Dämpfungsglied in Form eines PIN-Reglers anschließt.

Ausgangsseitig weisen die Empfängereingangsschaltungen *EE1* und *EE2* jeweils einen Umschalter *U1* und *U2* auf. Mit Hilfe des Umschalters *U1* kann der Eingang des sich hier anschließenden Hilfsempfangszuges *HIZ* wahlweise mit dem Ausgang des Dämpfungsgliedes oder dem Ausgang eines Prüfsignalgebers *PG* in Form eines Rauschgenerators verbunden werden. In gleicher Weise kann mittels des Umschalters *U2* der Eingang des sich an die Empfängereingangsschaltung *EE2* anschließenden Hauptempfangszugs *HAZ* wahlweise mit dem Ausgang des Dämpfungsgliedes, dem Ausgang des Hilfsempfangszuges *HIZ* verbunden werden.

Der Hilfsempfangszug *HIZ* weist in Signalfluhrichtung hintereinander den Bandpaß *BP1* für die Selektion des unteren Teilbandes des gesamten Empfangsfrequenzbereichs auf, an den sich der RF-Vorverstärker *VRF1* anschließt. Auf den RF-Vorverstärker folgt der RF-Umsetzer *M1* mit dem die Umsetzfrequenz liefern den Umsetzoszillator *UO*. Ausgangsseitig ist dem RF-Umsetzer *M1* noch das Tiefpaßfilter *TP* zur Unterdrückung von Resten der Umsetzoszillatorfrequenz nachgeschaltet.

Der Hauptempfangszug *HAZ* weist wie der Hilfsempfangszug *HIZ* eingangsseitig das Bandfilter *BP2* für die Selektion des oberen Teilbandes des gesamten Empfangsfrequenzbereiches auf, dessen Ausgangssignal über den RF-Vorverstärker *VRF2* und die Filterbank *FB* dem ZF-Umsetzer *M2* zugeführt ist.

Die steuerbare Oszillatoranordnung für den ZF-Umsetzer *M2* besteht aus der eine größere Anzahl Umsetzoszillatoren *UO1*, *UO2*, ... *UOn* aufweisenden Oszillatorbank *OB*. Die Ausgänge dieser Umsetzoszillatoren können wahlweise über den Umschalter *U5* an den Umsetzoszillatoreingang des ZF-Umsetzers *M2* angeschaltet werden. Ausgangsseitig ist der ZF-Umsetzer *M2* gegebenenfalls über eine Filter- und Verstärkungsmittel aufweisende Anpassungsschaltung *AS* mit dem Signalauswerter *SW* verbunden.

Die Filterbank *FB* besteht aus einer Reihe von Teilfiltern *TF1*, *TF2*, ... *TFn*, die ein- und ausgangsseitig über die Umschalter *U3* und *U4* wahlweise nach Bedarf in den Signalzug eingefügt werden können. Die Umsetzoszillatoren *UO1*, *UO2*, ... *UOn* der Oszillatorbank *OB* sowie der Umsetzoszillator *UO* des RF-Umsetzers *M1* können in außerordentlich vorteilhafter Weise im Handel erhältliche preiswerte Oszillatoren mit dielektrischen Resonatoren als frequenzbestimmendes Element sein, die im Signalweg zum Ausgang zweckmäßig mit einem Trennschalter *s1*, *s2*, ... *sn* versehen sind. Diese Trennschalter gewährleisten in Verbindung ihrer Reihenschaltung mit dem Umschalter *U5* eine ausreichende gegenseitige Entkopplung der Umsetzoszillatoren *UO1*, *UO2*, ... *UOn* der Oszillatorbank *OB* im Betrieb. Darüber hinaus geben diese Trennschalter die Möglich-

5
keit, spezielle Frequenzkon- messungen im Prüfbetrieb durchzuführen.

Die Frequenzkonstanz solcher Umsetzoszillatoren ist zwar nicht so groß wie die von quarzstabilisierten Oszillatoren, doch ist sie vielfach ausreichend, da die Frequenzauflösung üblicher Signalauswerter mitunter in der gleichen Größenordnung liegt.

Weiterhin kann der ZF-Umsetzer *M2*, wie in Fig. 1 angedeutet ist, ausgangsseitig ein regelbares Dämpfungsglied aufweisen, mit dessen Hilfe eine Anpassung des zulässigen Grundgeräusches in Abhängigkeit davon durchgeführt werden kann, ob der ZF-Umsetzer *M2* für die Umsetzung des hochumgesetzten unteren Teilbandes oder des oberen Teilbandes des Empfängerfrequenzbereiches benutzt wird.

In einer Weiterbildung können die Umschaltoszillatoren *UO1*, *UO2*, ... *UOn* der Oszillatorbank *OB* in gewissen Grenzen in ihrer Frequenz verändert, oder aber auch nur zwischen zwei Festfrequenzen umschaltbar ausgeführt sein. Beispielsweise kann dies, wie in Fig. 1 angedeutet ist, mittels vorgespannter Varaktordioden erfolgen, die an einen steuerbaren Vorspannungsgeber *VG* angeschlossen sind.

Müssen an die Frequenzkonstanz der Umsetzoszillatoren höhere Ansprüche gestellt werden, dann sind der Umsetzoszillator *UO* durch einen quarzstabilisierten Frequenzoszillator und die Oszillatorbank einschließlich des Umschalters *U5* durch einen Synthesizer für den Frequenzbereich 9 bis 16 GHz mit einer Schrittschaltweite von 0,5 GHz zu ersetzen.

Für die Steuerung der Umschalter *U1*, *U2*, *U3*, *U4* und *U5*, der Trennschalter *s*, *s1*, *s2*, ... *sn*, der Dämpfungsglieder sowie des Vorspannungsgeber *VG* ist eine Steuereinrichtung *STE* vorgesehen, die üblicherweise im wesentlichen durch einen Mikroprozessor realisiert ist.

Das in Fig. 2 dargestellte Frequenzschemabeispiel, anhand dessen der Funkempfänger nach Fig. 1 noch näher erläutert werden soll, geht von einem gesamten Empfangsfrequenzbereich *EFB* von 0,5 bis 18,5 GHz aus. Das untere Teilband *UT* umfaßt dabei den Frequenzbereich 0,5 bis 6,5 GHz und das obere Teilband *OT* den Frequenzbereich 6,5 bis 18,5 GHz. Weiterhin ist bei diesem Ausführungsbeispiel angenommen, daß die Zwischenfrequenzbandbreite des ZF-Umsetzers *M2* 1 GHz beträgt, und zwar bei einer Zwischenfrequenzband-Mittenfrequenz von 2 GHz. Entsprechend den Frequenzbereichen des unteren Teilbandes *UT* und des oberen Teilbandes *OT* sind die Durchlaßbereiche *DB-PB1* des Bandpasses *BP1* für 6 GHz und der Durchlaßbereich *DB-BP2* des Bandpasses *BP2* für 12 GHz ausgelegt. Die Umsetzfrequenz des Umsetzoszillators *UO* des RF-Umsetzers *M1* im Hilfsempfangszug *HIZ* ist für 16 GHz festgelegt, so daß am Umsetzerausgang das untere Teilband *UT* in der Kehrlage im Frequenzbereich von 9,5 bis 15,5 GHz erscheint. Entsprechend hat der Tiefpaß *TP* am Ausgang des Hilfsempfangszugs *HIZ* den Durchlaßbereich *DB-TP* mit der Grenzfrequenz 15,5 GHz, um den unerwünschten Rest der Umsetzfrequenz des Umsetzoszillators *UO* in ausreichendem Maße zu unterdrücken.

Die Filterbank *FB* kommt bei diesem Ausführungsbeispiel mit vier Teilfiltern *TF1*, *TF2*, *TF3* und *TF4* aus, deren Durchlaßbereiche *DB-TF1*, *DB-TF2*, *DB-TF3* und *DB-TF4* in Fig. 2 ebenfalls dargestellt sind. Weiterhin werden für die wahlweise Darstellung der insgesamt achtzehn 1 GHz-breiten Teilbandabschnitte des gesamten Empfangsfrequenzbereiches *EFB* im Zwi-

6
schenfrequenzbereich in den Grenzen 1,5 bis 2,5 GHz acht Umsetzoszillatoren *UO1*, *UO2*, ... *UO8* benötigt, die hierbei ein Frequenzraster *fui* von 9 bis 16 GHz mit einem gegenseitigen Frequenzabstand von 1 GHz abgeben. Dabei können bei Wirksamkeit des Teilfilters *TF1* der Filterbank *FB* die Umsetzfrequenzen 9, 10 und 11 GHz der Umsetzoszillatoren *UO1*, *UO2* und *UO3*, bei Wirksamkeit des Teilfilters *TF2* die Umsetzfrequenzen 12, 13 und 14 GHz der Umsetzoszillatoren *UO4*, *UO5* und *UO6*, bei Wirksamkeit des Teilfilters *TF3* die Umsetzfrequenzen 11, 12 und 13 GHz der Umsetzoszillatoren *UO3*, *UO4* und *UO5* und bei Wirksamkeit des Teilfilters *TF4* die Umsetzfrequenzen 14, 15 und 16 GHz der Umsetzoszillatoren *UO6*, *UO7* und *UO8* zum Einsatz kommen.

Wie Fig. 2 weiterhin erkennen läßt, ist unterhalb des Umsetzfrequenzrasters *fui* von 9 bis 16 GHz ein hiergegen um 500 MHz nach oben verschobenes und in unterbrochener Linie dargestelltes Frequenzraster von 9,5 bis 16,5 GHz dargestellt. Hiermit soll lediglich angedeutet sein, daß diese Frequenzraster mit Hilfe des in Fig. 1 dargestellten Vorspannungsgebers *VG* bis maximal 500 MHz verschoben werden kann, um auf diese Weise auch Teilfrequenzabschnitte des gesamten Empfangsfrequenzbereiches *EFB* in der Zwischenfrequenzebene darzustellen, die die erstgenannten Bereiche jeweils ausreichend überlappen. In diesem Fall ist es dann notwendig, die obere Grenzfrequenz der Durchlaßbereiche der Teilfilter *TF1*, *TF2* und *TF3* um etwa 500 MHz nach oben zu verschieben.

Die Steilheit der Filterflanken der Teilfilter *TF1*, *TF2*, ... *TFn* und die Anforderungen an die Frequenzgenauigkeit der Umsetzoszillatoren der Filterbank *OB* werden, wie bereits angedeutet wurde, durch die Auflösungsgrenze und den Dynamikbereich des Signalauswerter *SW* bestimmt. Die verwendeten Schalter sind zweckmäßig als PIN-Diodenschalter ausgeführt, wodurch die jeweilige Einstellung des Empfängers auf einen neuen Teilfrequenzabschnitt des gesamten Empfangsfrequenzbereiches *EFB* sehr schnell durchgeführt werden kann.

Da die 1-Tondynamik des Empfängers gegen die untere Bandgrenze des Empfangsfrequenzbereiches abnimmt, kann in einfacher Weise dadurch eine Verbesserung der 1-Tondynamik in diesem Bereich erreicht werden, daß entsprechend der Filterbank *FB* im Hauptempfangszug *HIZ* der Bandpaß *BP1* im Hilfsempfangszug *HEZ* in entsprechender Weise durch eine Filterbank mit umschaltbaren Teilfiltern ersetzt wird.

Gewerbliche Verwertbarkeit

Der Empfänger nach der Erfindung eignet sich besonders für eine Funkaufklärung unter taktischen Einsatzbedingungen und kann aufgrund seines geringen Gewichts für Aufklärungszwecke in Flugzeugen aller Art verwendet werden.

Bezugszeichenliste

<i>A1,2</i>	= Antenne
<i>EE1,2</i>	= Empfängereingangsschaltung
<i>HIZ</i>	= Hilfsempfangszug
<i>HAZ</i>	= Hauptempfangszug
<i>PG</i>	= Prüfsignalgeber
<i>BP1,2</i>	= Bandpaß
<i>TP</i>	= Tiefpaß

7		
<i>VR</i> 1,2	= Vorverstärker	
<i>U</i> 0, <i>U</i> 01,2,... <i>n</i>	= Umsetzoszillator	
<i>OB</i>	= Oszillatorbank	
<i>s</i> , <i>s</i> 1,2,... <i>n</i>	= Trennschalter	
<i>M</i> 1	= RF-Umsetzer	5
<i>M</i> 2	= ZF-Umsetzer	
<i>FB</i>	= Filterbank	
<i>TF</i> 1,2,... <i>n</i>	= Teilfilter	
<i>U</i> 1,2,3,4,5	= Umschalter	
<i>VG</i>	= Vorspannungsgeber	10
<i>AS</i>	= Anpassungsschaltung	
<i>SW</i>	= Signalauswerter	
<i>STE</i>	= Steuereinrichtung	
<i>DB-BP</i> 1,2	= Durchlaßbereich Band- paßfilter	15
<i>DB-TP</i>	= Durchlaßbereich Tiefpaß- filter	
<i>DB-TF</i> 1,2,...4	= Durchlaßbereich Teilfil- ter	
<i>UT</i>	= unteres Teilband	20
<i>OT</i>	= oberes Teilband	

25

30

35

40

45

50

55

60

65

87 P 1013 DE

808 830/196

3701134

FIG 2

